



**XXIVth World
Road Congress
Mexico 2011**
Mexico City 2011.

APLICACION DEL HDM-4 EN LA PREPARACION DE LOS PROYECTOS DE REFERENCIA PARA EL OTORGAMIENTO DE CONTRATOS PLURIANUALES DE CONSERVACION DE CARRETERAS (CPCC)

Carlos Alberto Romero Bertrand

- Director General de Conservación de Carreteras
- carlos.romero@sct.gob.mx

SCT



SECRETARÍA DE
COMUNICACIONES
Y TRANSPORTES

CONTENIDO

- 1. Contexto actual de las carreteras en México**
- 2. Características principales de los Contratos Plurianuales de Conservación de Carreteras (CPCC)**
- 3. Aplicación del HDM-4**



Contexto actual



Relevancia de la red carretera federal

- Las carreteras son fundamentales para la vida de México, ya que a través de ellas se moviliza el 96.4% de los pasajeros y el 57.5% de la carga en el país.

	Pasaje		Carga	
	Cantidad (Millones)	%	cantidad (Millones de Tons.)	%
Carreteras	3,050.0 ^a	96.4%	450.9 ^b	57.5%
Ferrocarriles	28.0 ^c	0.9%	90.3	11.5%
Aéreo	75.9	2.4%	0.5	0.1%
Marítimo	11.0 ^d	0.3%	241.9	30.9%
	3,164.9		783.6	

NOTAS:

^a 78,567 unidades p/pasajeros

^b 331,686 unidades p/carga con 278,133 unidades de arrastre

^c 27,764.5 miles de pasajeros de suburbano

^d Cruceros y transbordares



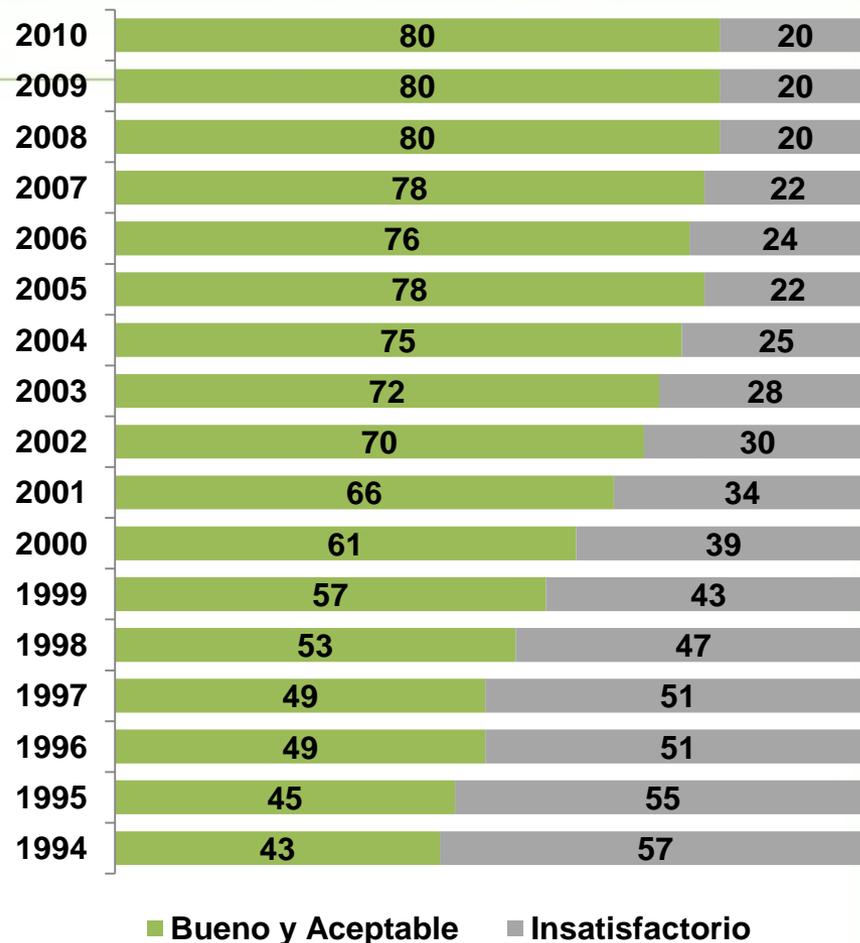
Datos de la red carretera federal

- La red carretera de México tiene una extensión de **356,945 km** y está compuesta por:
 - **48,319 km** de carreteras federales (**40,630 km libres de peaje**),
 - **72,179 km** de carreteras estatales, y
 - **236,447 km** de caminos rurales y alimentadores.
- El valor residual actual de la red federal libre de peaje se estima en **600,000 MDP**, por lo que representa un patrimonio que es importante conservar.
- Actualmente los costos de operación se estiman en 374,000 MDP por año.



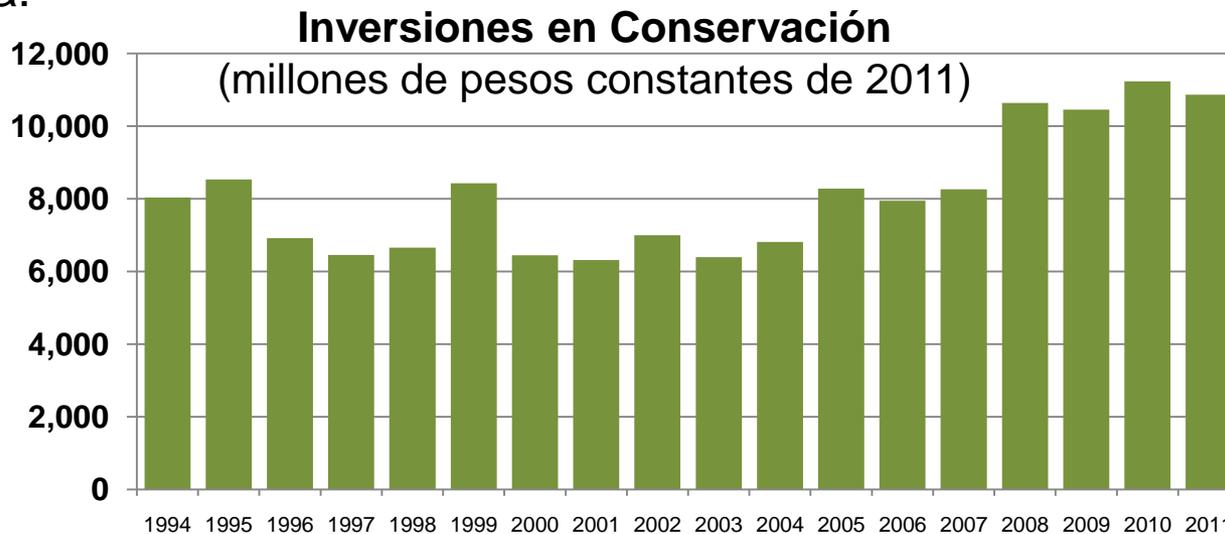
Problemática actual de la red

- En los últimos años, los presupuestos se han destinado en su mayoría a la conservación rutinaria y periódica con objeto de incrementar el porcentaje de la red en estado bueno y satisfactorio.
- De este modo, el estado físico ha pasado de un 43% en estado bueno y satisfactorio en 1994, a un 80% a fines de 2010.



Tendencias presupuestales

- En 2008, el presupuesto de conservación fue de 10,636 MDP y representó un máximo histórico. Sin embargo, a pesar del fuerte aumento del asfalto, insumo esencial de las obras de conservación, no se han incrementado de igual forma los presupuestos aprobados a la fecha.



- La preservación del patrimonio vial nacional y la conservación óptima de la red carretera exigen montos suficientes e irreductibles para la inversión en conservación.



Características principales de los Contratos Plurianuales de Conservación de Carreteras (CPCC)



Contratos plurianuales de conservación de carreteras

- Durante los últimos años, la Secretaría ha implementado diversos programas plurianuales de conservación (conservación rutinaria de tramos y puentes por estados) y de mantenimiento integral (PROPIMI y PROMAI), todos ellos pagados por actividades realizadas.
- Los Contratos Plurianuales de Conservación de Carreteras (CPCC) conjugan la experiencia adquirida por la SCT en estos programas (ésto es, contratos plurianuales que consideran el mantenimiento integral), con la diferencia principal de que una parte de los trabajos se pagará por resultados (cumplimiento de estándares de desempeño).
- Con el esquema CPCC, los contratos están diseñados para llevar los pavimentos al rango Bueno, y posteriormente mantenerlos permanentemente en ese nivel. Esto generará una mayor eficiencia en el ejercicio de los recursos, un elevado nivel de servicio a usuarios y menores costos de operación vehicular.



Objetivos del esquema CPCC

- Mejorar el servicio proporcionado a los usuarios.
- Modernizar la gestión de la red de carreteras federales.
- Facilitar la introducción de nuevos productos, métodos y tecnologías aplicables a la conservación de carreteras.
- Promover el desarrollo de empresas nacionales especializadas en conservación de infraestructura vial.
- Incluir para efectos de pago el cumplimiento de estándares del desempeño



Estándares de desempeño

Los estándares de desempeño que se utilizarán para verificar la calidad de los trabajos del contratista son indicadores que se agrupan conforme a los siguientes elementos:

Elemento	Número de indicadores
Corona (IRI, roderas, resistencia al deslizamiento, baches)	4
Terracerías (derrumbes, deslaves y recargue de taludes)	1
Drenaje (obras menores, complementarias)	2
Señalamiento y dispositivos de seguridad (vertical, horizontal y defensas y barreras)	3
Puentes y estructuras (elementos metálicos y de concreto, drenes, apoyos y juntas, cauces)	3
Funcionalidad del derecho de vía (desmonte y limpieza)	2
Servicios de vialidad (comunicaciones, atención incidencias)	2
Total	17



Ejemplo de estándares de desempeño:

Corona

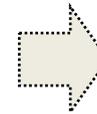
Concepto	Cumple
IRI	≤ 2.5
Rodenas	≤ 15 mm
Coefficiente de Fricción (μ)	0.4 - 0.8
Baches	0



Trabajos del CPCC – PUOT

Trabajos por Precio Unitario por Obra Terminada (“PUOT”)

- Reconstrucción del pavimento
- Reconstrucción de obras de drenaje, complementarias y subdrenaje
- Reconstrucción del señalamiento y dispositivos de seguridad
- Rehabilitación de puentes y pasos



Pago sujeto al cumplimiento de requerimientos técnicos



Trabajos del CPCC – PU

Trabajos por Precio Unitario (“PU”)

- Conservación rutinaria de tramos
- Conservación rutinaria de puentes y pasos
- Conservación periódica de terracerías
- Conservación periódica de obras de drenaje, complementarias y subdrenaje
- Conservación periódica del pavimento
- Conservación periódica de puentes y pasos
- Conservación periódica del señalamiento y dispositivos de seguridad
- Servicios de vialidad



**Pago en función
del cumplimiento
de estándares de
desempeño**



Criterios para definir paquetes:

- Aplicación prioritaria en tramos de corredores y de red básica;
- Tránsito promedio ponderado mayor a 4,000 vehículos diarios;
- Dar continuidad de rutas;
- Longitudes y períodos de contratación que permitan obtener economías de escala en la gestión con el sector privado:
 - Tipo I (Grandes): Longitud equivalente mayor a 500 Km.
 - Tipo II (Medianos): Longitud equivalente mayor a 300 Km. y menor a 500 Km.
 - Tipo III (Pequeños): Longitud equivalente menor a 300 Km.
- Aspectos sociales, económicos y estratégicos (tramos que llegan a ciudades importantes, tramos que representan la única vialidad entre dos ciudades o poblaciones, etc.)



Integración de Paquetes

- Se han identificado 58 paquetes, de los cuales:
 - 29 corresponden a contratos para empresas o asociaciones que solventen altas inversiones (Tipo I);
 - 19 paquetes que requieren un financiamiento en promedio 50% menor que el anterior (Tipo II), con lo cual podrán participar empresas medianas o asociaciones de pequeñas empresas para cumplir los requisitos y;
 - 10 paquetes con financiamiento menor a las anteriores en la que podrán participar también medianas y pequeñas empresas con posibilidad de asociaciones (Tipo III).
- El plazo de los contratos plurianuales de conservación de carreteras es de 7 años más 3 años de posible prórroga de continuidad.



Programa de Implementación

- Adjudicación del 1er CPCC SLP – Julio 2010
- Adjudicación del 2º CPCC Veracruz Sur – Julio 2011
- Lanzamiento del 3er CPCC Michoacán – Septiembre 2011
- A partir de los resultados de estos tres paquetes, se buscará lo siguiente:
 - Optimizar los documentos de la licitación
 - A fin de reducir la dispersión de los importes propuestos
 - Facilitar la presentación y evaluación de propuestas
 - Incentivar la participación de la micro, pequeña y mediana empresa.
 - Optimizar la operatividad del esquema
 - Conforme a la medición continua de resultados.
 - La intensificación del programa con el lanzamiento de al menos otros 9 paquetes adicionales, para este 2011.



Beneficios del esquema

- Elevación de la calidad del servicio
 - Estado físico 100% bueno al tercer año del contrato;
 - Prestación de servicios viales conexos;
 - Uniformidad de estándares en los tramos;
 - La empresa que reconstruye también va a conservar.
- Eficiencia en la administración del programa por reducir el número de contratos y de contratistas.
- Eficiencia en la gestión de los contratistas y traslado de beneficios para mayor atención a otros tramos
 - Planeación de largo plazo;
 - Convenios con proveedores y compras de mayor escala;
 - Amortización de inversiones y costos fijos; y
 - Trabajos de mayor calidad.



Aplicación del modelo HDM-4



Historia de los modelos de gestión aplicados por la DGCC

En 1992 la DGCC se aplicó el primer sistema de gestión que fue el Modelo de Simulación de Estrategias de Mantenimiento Carretero (SISTER, por sus siglas en francés) con buenos resultados.



Beneficios del SISTER

- Eliminar la intromisión política o el interés particular en la conformación del Programa Nacional de Conservación de Carreteras.
- Identificar y ordenar con claridad los conceptos de trabajo de conservación periódica y reconstrucción de tramos.
- Preparar diversos escenarios con diferentes asignaciones presupuestales para comparar la evolución física de la red en el período de análisis.
- Preparar estrategias de conservación y compararlas entre sí, para definir la más rentable.
- Alinear los recursos a los objetivos definidos.
- Homogenizar criterios de mantenimiento en cada uno de los Centros SCT.
- Implementar el inventario de daños de la red carretera federal.



Cambio de sistema de gestión

Por la necesidad de contar con un sistema más objetivo y los derechos de autor del modelo SISTER, se tomó la decisión de cambiarlo por el HDM-4.

En el año 2007, se empezó a operar el nuevo modelo, se obtuvieron algunas pruebas que fueron analizadas y comparadas con los resultados obtenidos con el modelo SISTER.



Resultados de la aplicación del HDM-4

- Los resultados obtenidos con el HDM-4 fueron mejores, ya que las propuestas de rehabilitación tuvieron mayor apego a las necesidades de las carreteras.
- La comparación de los resultados de ambos modelos de gestión determinó que el HDM-4 presenta una mejor opción de propuesta para el mantenimiento y mayor confiabilidad en la optimización en el uso de los recursos.
- Las estrategias y los cálculos se efectuaron con mucho mayor rapidez y precisión con el modelo HDM-4.



APLICACIÓN AL PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVACION

Principales Insumos del HDM-4

Los valores del IRI, deflexiones y roderas se obtienen anualmente para los 40,623 km de la red; en el caso particular del IRI y roderas, la toma es prácticamente continua y se realiza con el perfilómetro láser de última generación.



La medición se efectúa en el carril derecho y en el sentido del cadenamiento para carreteras de dos carriles; para el caso de cuatro ó más carriles se lleva a cabo en el de baja velocidad de cada sentido.



APLICACIÓN AL PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVACION

Principales Insumos del HDM-4



En lo correspondiente a las deflexiones, la evaluación se realiza con equipo de alto rendimiento FWD u otro similar, y se hace la medición cada 5 km, o en menores intervalos si así se requiere.



APLICACIÓN AL PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVACION

Principales Insumos del HDM-4.

Los datos referentes a la condición (inventario de daños de la superficie de rodamiento), son obtenidos por personal de la Secretaría en cada una de las entidades federativas. Se usan los formularios de campo desarrollados en la aplicación del modelo SISTER, registrándose en un sistema, cuya actual versión es el SIPLAN (Sistema de Inventario y Planeación).



El SIPLAN relaciona los diferentes tipos de defectos del inventario de daños con los parámetros de condición requeridos por el HDM-4.



APLICACIÓN AL PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVACION

Tramos Ficticios Homogéneos.

Dada la cantidad de información que se genera, no es práctico, ni conveniente aplicar el modelo “kilómetro a kilómetro”, ya que resulta complejo generar los escenarios de conservación; es por eso que se crean los denominados “tramos ficticios”.

En primer lugar se delimitan los rangos de variación de los valores del tránsito, IRI, deflexión y número de carriles, para establecer si dos o más kilómetros contiguos tienen características similares o no, y con ello se puedan unir para conformar los llamados “tramos homogéneos” que, en consecuencia, son de longitud variable y constituyen la unidad básica para elaborar el programa de obra.



APLICACIÓN AL PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVACION

Una vez establecidos los tramos homogéneos, se agrupan de una manera matricial en el que cada celda corresponde a un rango preestablecido de los parámetros que se hayan seleccionado como variables; de esta manera, se tendrán tantas celdas como combinaciones se puedan realizar con los parámetros escogidos. En la DGCC los parámetros elegidos son:



APLICACIÓN AL PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVACION

PARAMETRO

TIPO/RANGO

Red, tres tipos:

Corredores	C
Básica	B
Secundaria	S

Tránsito, cinco rangos (TPDA):

T1	<1600 veh./día
T2	1600 - 3000
T3	3000 - 5500
T4	5500 - 7500
T5	>7500

IRI, cuatro rangos:

R1	< 2.1
R2	2.1-3.0
R3	3.0-3.8
R4	> 3.8

Deflexión, tres rangos:

D1	<0.4 mm
D2	0.4 - 0.8
D3	>0.8



APLICACIÓN AL PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVACION

Programa de Trabajo 2011 obtenido con la corrida del HDM-4 (ejemplo del listado).

Año	Tramo	Clase de carretera	Longitud (km)	TDPA	Clase de pavimento	Descripción del trabajo	Van/Cap	Costo financiero	Costo acumulado
2011	BT4R1D1	Básica	205.3	6810	Asfáltica	Riego de sello	11.470	50.947	50.947
	ST4R1D1	Secundaria	41.8	7062	Asfáltica	Riego de sello	10.518	9.336	60.283
	BT5R4D3	Básica	70.9	11250	Asfáltica	Recuperación y carpeta	7.301	173.742	234.025
	ST5R4D3	Secundaria	57.2	12583	Asfáltica	Fresado y carpeta	6.092	95.975	330.000
	ST5R4D2	Secundaria	18.1	11714	Asfáltica	Renivelación y carpeta	5.072	24.481	354.481
	BT4R4D1	Básica	112.8	12032	Asfáltica	Renivelación y carpeta	4.398	137.263	491.745
	BT5R3D3	Básica	178.7	12396	Asfáltica	Renivelación y carpeta	4.263	217.532	709.277
	ST5R4D1	Secundaria	106.8	14016	Asfáltica	Recuperación y carpeta	3.796	399.843	1,109.120
	BT5R3D1	Básica	247.0	14154	Asfáltica	Carpeta 10 cm	3.370	412.760	1,521.880
	CT5R3D3	Corredor	158.9	12300	Asfáltica	Fresado y carpeta	2.580	314.755	1,836.636
	ST4R4D1	Secundaria	55.6	7126	Asfáltica	Renivelación y carpeta	2.481	67.682	1,904.318
	BT4R4D2	Básica	14.3	6923	Asfáltica	Renivelación y carpeta	2.220	17.407	1,921.725
	BT5R4D2	Básica	27.0	11119	Asfáltica	Recuperación y carpeta	2.134	66.164	1,987.889
	ST3R4D2	Secundaria	101.2	3952	Asfáltica	Carpeta 10 cm	1.890	164.571	2,152.460
	CT3R4D2	Corredor	18.9	4693	Asfáltica	Carpeta 10 cm	1.712	30.735	2,183.195
	BT3R4D2	Básica	35.6	4620	Asfáltica	Carpeta 10 cm	1.702	57.892	2,241.087
	CT5R4D3	Corredor	63.2	9950	Asfáltica	Reconstrucción	1.676	276.903	2,514.990



APLICACION DEL MODELO HDM-4 A LOS CPCC

Insumos:

Los mismos obtenidos para la preparación del Programa Nacional de Conservación de Carreteras, a excepción de las deflexiones, que se han ensayado cada 500 metros, además de realizar una cala cada 8 – 10 km con el objeto de determinar los materiales y espesores que conforman el pavimento.



APLICACION DEL MODELO HDM-4 A LOS CPCC

Además se mide el coeficiente de rozamiento.



APLICACION DEL MODELO HDM-4 A LOS CPCC

Tramificación

Criterios:

- Tránsito.
- Climatología.
- Topografía (plano, lomeríos, y montañoso).
- Número carriles, ancho de calzada y acotamientos.
- Tipo de pavimento y espesores.
- Histórico de las obras de conservación periódica y reconstrucción.
- Programa Nacional de Conservación de Carreteras para el ejercicio en curso.
- Estado superficial y estructural: combinación de los parámetros de IRI, Rodera, Deflexión, coeficiente de rozamiento e inspección visual, bajo el siguiente esquema:



APLICACION DEL MODELO HDM-4 A LOS CPCC

Tramificación. Criterios para determinar estado superficial y estructural.

	Rango A (0 puntos)	Rango B (1 punto)	Rango C
IRI	≤ 2.50	> 2.50	
Deflexión	≤ 0.60 mm	$0.60 < D \leq 0.90$ mm	(5 puntos) > 0.90 mm
Roderas	≤ 15 mm	> 15 mm	
Coefficiente de Rozamiento	> 0.40	≤ 0.40	
Inspección Visual	Suma de todos los registros ≤ 10	$10 <$ Suma de todos los registros < 50	(3 puntos) Suma de todos los registros ≥ 50

Se han definido cuatro tipos de tramificación por condición y capacidad estructural del pavimento en función de la suma del rango de los cinco parámetros considerados:

Condición 1	Suma = 0
Condición 2	$0 <$ Suma < 5
Condición 3	$5 \leq$ Suma < 8
Condición 4	Suma ≥ 8



APLICACION DEL MODELO HDM-4 A LOS CPCC

Una vez deducidos las secciones homogéneas, siempre se debe realizar una inspección de campo con los ingenieros de los centros SCT para su ajuste, como se realizó para los siguientes paquetes:

CPCC	Km. equivalentes	Número tramos homogéneos
San Luis Potosí	661.77	49
Veracruz Sur	710.40	133
Michoacán	691.80	119
Sinaloa Norte	751.40	159
Total	2,815.37	460



APLICACION DEL MODELO HDM-4 A LOS CPCC

Estrategias de Conservación y Programación

La mayoría de los tramos al inicio de la contratación CPCC no cumplen con los parámetros de desempeño, por lo tanto, el contrato establece un período inicial de 3 años para que todos los tramos cumplan. Si no se aplicara esta premisa, la inversión necesaria en el primer año de ejecución del CPCC sería muy elevada. La tabla muestra como se ha introducido este requerimiento del CPCC al modelo HDM-4 para el caso concreto del estándar de conservación Carpeta de 5 cm a IRI 2.5. De igual forma se ha procedido para el resto de los estándares considerados.

		ALTERNATIVA			
		Base	Carpeta 5cm IRI 2.5 2012	Carpeta 5cm IRI 2.5 2013	Carpeta 5cm IRI 2.5 2014
Año	2012	CONSERV. RUTINA	CARPETA 5 cm IRI 2.5	CONSERV. RUTINA	CONSERV. RUTINA
	2013			CARPETA 5 cm IRI 2.5	
	2014				CARPETA 5 cm IRI 2.5



APLICACION DEL MODELO HDM-4 A LOS CPCC

Estrategias de Conservación y Programación.

Todas las estrategias de conservación se crearon con la premisa de intervenir en el pavimento cuando éste alcance la condición establecida en el estándar de desempeño para la corona.

Así por ejemplo, se definió:

- La alternativa base que consiste en realizar trabajos de rutina (limpieza de obras de drenaje, bacheo, sellado de grietas, limpieza y retiro de objetos extraños a la carretera),
- Alternativas de intervención: microcarpeta; carpeta; fresado y carpeta; recuperación y carpeta; ó reconstrucción del pavimento cuando se alcance la condicionante de IRI al 2.5 m/Km o rodera de 15 mm.



APLICACION DEL MODELO HDM-4 A LOS CPCC

Requerimientos de Inversión

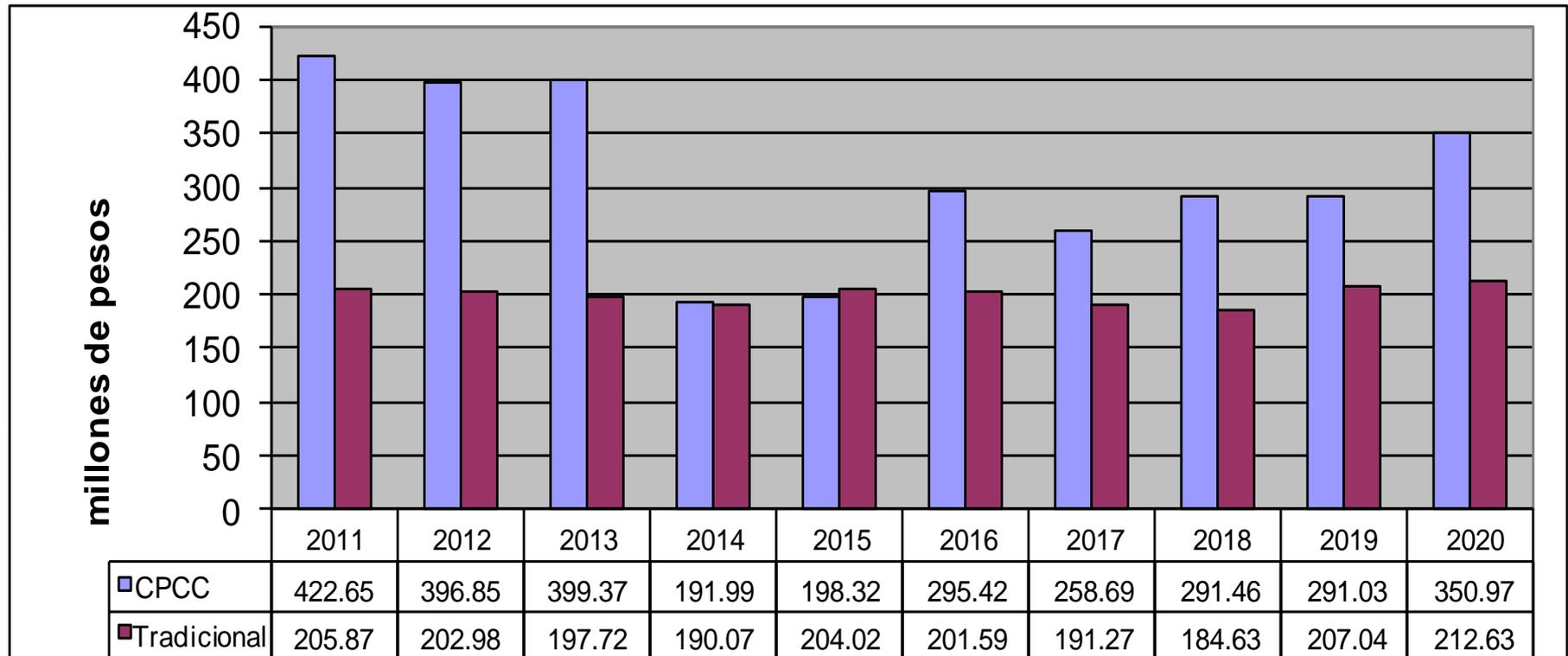
La evaluación económica de los CPCC's se ha realizado comparándolo con el esquema tradicional, definido con el Programa Nacional de Conservación de Carreteras, en el que hay un limitante presupuestario y los estándares de conservación responden a IRI 2.8, 3.5 y 4.6 según sea el tipo de tramo ficticio.

PLAZO (7 años)	CPCC VERACRUZ SUR
Esquema CPCC	2,163.30
Esquema tradicional	1,393.52
Diferencial entre CPCC y esquema tradicional	769.77
Costo promedio anual esquema CPCC	270.41
Costo promedio esquema tradicional	174.19
Diferencial costo anual entre CPCC y esquema tradicional	96.22



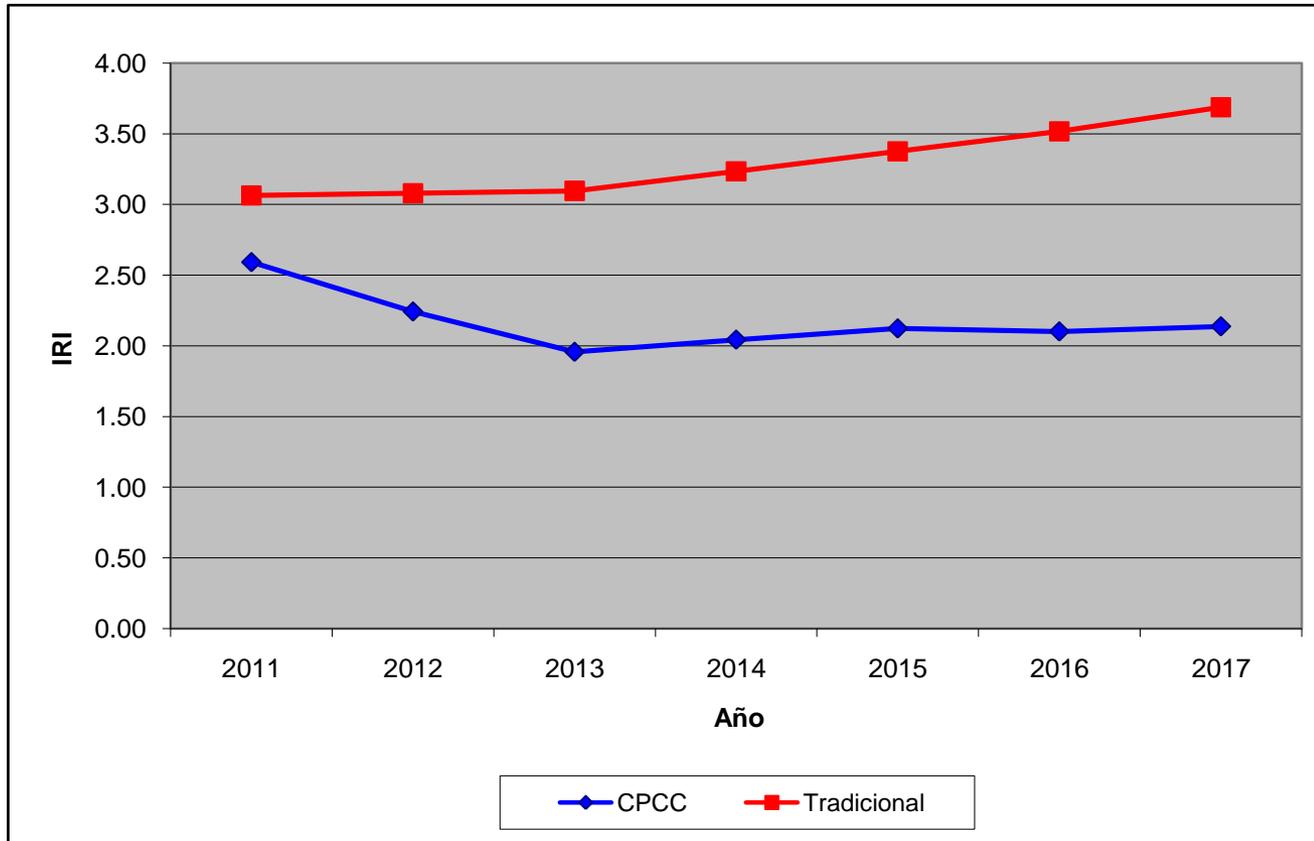
APLICACION DEL MODELO HDM-4 A LOS CPCC

Distribución anual de la inversión CPCC Veracruz Sur



APLICACION DEL MODELO HDM-4 A LOS CPCC

Evolución del IRI, CPCC Veracruz Sur



APLICACION DEL MODELO HDM-4 A LOS CPCC

Costo de operación vehicular

Escenario	COV unitario promedio de la red de análisis (\$/km)						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
VERACRUZ SUR							
Esquema Tradicional	5.15	5.16	5.18	5.20	5.23	5.27	5.29
Esquema CPCC	5.15	5.11	5.09	5.07	5.08	5.08	5.08



APLICACION DEL MODELO HDM-4 A LOS CPCC

Costo de operación vehicular

Escenario	COV / AÑO (MDP)						
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
VERACRUZ SUR							
Esquema Tradicional	9,300	9,459	9,644	9,825	10,045	10,273	10,496
Esquema CPCC	9,300	9,359	9,467	9,584	9,744	9,909	10,074
BENEFICIOS	0	100	177	241	301	364	422



Consideraciones finales en la aplicación del Modelo HDM-4



CONSIDERACIONES FINALES EN LA APLICACION DEL MODELO HDM4

Hasta la fecha la Dirección General de Conservación de Carreteras ha trabajado con la versión 1.3 del modelo HDM-4, implementándose actualmente la versión 2. Se ha observado una evolución del deterioro de los pavimentos asfálticos significativamente más lento que la proyectada por la versión 1.3, en especial, después de la aplicación de estándares de conservación con carpetas asfálticas.



CONSIDERACIONES FINALES EN LA APLICACION DEL MODELO HDM4

Por tal motivo, está en estudio un primer análisis del modelo de comportamiento de deterioro de los pavimentos asfálticos conforme a la base de datos de IRI y roderas disponible anualmente desde el año 2007. Este primer análisis no se puede considerar como la calibración del modelo, pero sí como un estudio preliminar de determinación de tendencias.



Gracias por su atención

